



TUGAS AKHIR - SF 141501

PENGARUH UKURAN PIPA TERHADAP FREKUENSI RESONANSI DARI SONIC CRYSTAL SETENGAH PIPA

Andi Wardana
NRP 01111440000012

Dosen Pembimbing
Dr. Suyatno, M.Si
Susilo Indrawati, M.Si

Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - SF 141501

**PENGARUH UKURAN PIPA TERHADAP
FREKUENSI RESONANSI DARI *SONIC*
CRYSTAL SETENGAH PIPA**

Andi Wardana
NRP 01111440000012

Dosen Pembimbing
Dr. Suyatno, M.Si
Susilo Indrawati, M.Si

Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - SF 141501

***EFFECT OF PIPE SIZE ON RESONANCE
FREQUENCY FROM SONIC CRYSTAL
HALF PIPE***

Andi Wardana
NRP 01111440000012

Advisor
Dr. Suyatno, M.Si
Susilo Indrawati, M.Si

Department of Physics
Faculty of Sciences
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN
PENGARUH UKURAN PIPA TERHADAP FREKUENSI
RESONANSI DARI SONIC CRYSTAL SETENGAH PIPA

TUGAS AKHIR

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas
Akhir Program Strata 1

Departemen Fisika,
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
ANDI WARDANA
NRP. 01111440000012

Disetujui oleh tim pembimbing Tugas Akhir

Dosen Pembimbing I
Dr. Suyatno, M.Si
NIP. 19760620 200212.1.004


(.....)

Dosen Pembimbing II
Susilo Indrawati, M.Si
NIP. 110020130.1.001


(.....)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PENGARUH UKURAN PIPA TERHADAP FREKUENSI RESONANSI DARI *SONIC CRYSTAL* SETENGAH PIPA

Nama : Andi Wardana
NRP : 01111440000012
Departemen : Fisika, FIA-ITS
Pembimbing I : Dr. Suyatno, M.Si
Pembimbing II : Susilo Indrawati, M.Si

Abstrak

Material akustik sering dipakai untuk memperbaiki suatu ruangan dari cacat akustik. Cacat akustik yang susah untuk diperbaiki pada frekuensi rendah. Salah satu material yang dapat digunakan untuk memperbaiki cacat akustik ini adalah panel resonator. Namun resonator biasa hanya memperbaiki pada frekuensi rendah saja. Sedangkan *Sonic Crystal* yang dapat memperbaiki bunyi pada frekuensi yang diinginkan. Pada umumnya *Sonic Crystal* yang digunakan terbuat dari besi atau aluminium. Pada penelitian ini digunakan pipa resonator yang terbuat dari pipa PVC dengan bentuk setengah silinder. Adapun variasi panel yang digunakan adalah, ukuran 1,5", 2", dan 2,5" dengan panjang pipa 60 cm. Pengukuran dilakukan pada ruang *semianechoic* laboratorium Fisika Akustik, departemen Fisika FIA ITS. Metode yang digunakan dalam pengujian berdasarkan metode yang ditulis oleh C. Lagarrigue. Hasil pengukuran yang diperoleh frekuensi resonansi untuk pipa 1,5" adalah 24 titik frekuensi dan bandgap utama antara 817,5 Hz – 819,5 Hz dengan atenuasi maksimum -11,70 dB. Ukuran 2" adalah 27 titik frekuensi dan bandgap utama antara 800 Hz – 841,5 Hz dengan atenuasi maksimum -8,25 dB. Ukuran pipa 2,5" adalah 41 titik frekuensi dan bandgap utama antara 546,5 Hz – 630 Hz dengan atenuasi maksimum -14,41 dB. Dari hasil pengukuran tersebut terlihat

bahwa perubahan ukuran pipa berakibat pada bertambahnya jumlah titik yang beresonansi dan bandgap utama terjadi pada frekuensi menengah yaitu antara 500 Hz – 800 Hz.

Kata kunci : *akustik, frekuensi, panel, pipa, resonansi, resonator*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

EFFECT OF PIPE SIZE ON RESONANCE FREQUENCY FROM SONIC CRYSTAL HALF PIPE

Name : Andi Wardana
NRP : 01111440000012
Major : Physics, FIA-ITS
Advisor I : Dr. Suyatno, M.Si
Advisor II : Susilo Indrawati, M.Si

Abstract

Acoustic material is often used to repair a room from acoustic defects. Acoustic defects are difficult to repair at low frequencies. One of the materials that can be used to correct this acoustic defect is the resonator panel. However the ordinary resonator only fixes at low frequencies. while Sonic Crystal is made which can fix the sound at the frequency is wanted. In general, Sonic Crystal used is made of iron or aluminum. In this research used a resonator pipe made of PVC pipe with half-cylinder shape. The panel variations used are 1.5 ", 2", and 2.5" with pipe length 60 cm. Measurements were made at the semianechoic room of the Acoustic Physics laboratory, the FIA ITS Physics department. The method used in the test is based on the method written by C. Lagarrigue. From the measurements obtained the resonance frequency for 1.5 "pipe is 24 frequency point and the main bandgap is between 817,5 Hz - 819,5 Hz with maximum attenuation of -11,70 dB. Size 2 "is a 27 point frequency and the main bandgap between 800 Hz - 841.5 Hz with a maximum attenuation of -8.25 dB. The pipe size of 2.5 "is 41 frequency point and the main bandgap is between 546,5 Hz - 630 Hz with maximum attenuation -14,41 dB. From the measurement results it can be seen that the pipe size change resulted in the increasing number of

resonating points and the main bandgap occurs at intermediate frequency between 500 Hz - 800 Hz.

Keywords: *Accoustic, frequency, panel, pipe, resonance, resonator*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, penulis panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul:

“Pengaruh Ukuran Pipa Terhadap Frekuensi Resonansi dari *Sonic Crystal* Setengah Pipa”.

Laporan tugas akhir ini penulis persembahkan kepada masyarakat Indonesia sebagai implementai kebermanfaatan bagi bangsa Indoneia dalam bidang yang penulis alami, yaitu fisika akustika dan bangunan. Penulisan laporan tugas akhir ini telah penulis susun dengan maksimal dan mendapat bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar pembuatan laporan tugas akhir ini. Untuk itu penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi, baik dukungan moril, materiil dan pengertiannya dalam pembuatan laporan tugas akhir ini:

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Machfud dan Ibu Sri Haryani yang telah memberikan segala yang terbaik bagi penulis. Atas doa, dukungan moral, maupun materiil yang telah diberikan.
3. Bapak Dr. Suyatno, M.Si (Pak Yatno), dan Ibu Susilo Indrawati, M.Si (Bu Iin) sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membagi pengalaman, wawasan, dan memberikan bimbingan terbaiknya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
4. Bapak Dr. Yono Hadi P, M. Eng. dan Bapak Eko Minarto selaku Kepala Departemen dan Sekretaris Departemen Fisika

FIA ITS yang telah memberikan kemudahan sarana kepada penulis selama kuliah sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.

5. Laboratorium Fisika Akustik yang telah memberikan kemudahan sarana dalam melakukan pengukuran dan uji coba dalam penyusunan Tugas Akhir ini
6. Teman-teman seperjuangan Akustik 118 Yusuf Haikal Bahtiar (Mas Hai), dan Mira Anjani, serta teman teman akustik yang lain Mas Tobron, Mas Annas, Mbak Aul, Opik, yang telah membantu segala proses penyusunan tugas akhir ini.
7. Teman-teman seperjuangan Akustik lain yang selalu menemani dan berjuang bersama di Laboratorium Akustik.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kesalahan. Mohon kritik dan saran pembaca guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak, baik pihak terkait penelitian, maupun khalayak umum khususnya masyarakat Indonesia. Amiin, Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

andiwardana12@gmail.com

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
COVER PAGE.....	iii
Abstrak	vii
Abstract	x
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Hasil Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sifat Bunyi.....	5
2.1.1 Refleksi Bunyi (Pemantulan Bunyi).....	5
2.1.2 Transmisi Bunyi (Penerusan Bunyi)	6
2.1.3 Absorpsi Bunyi (Penyerapan Bunyi).....	6
2.2 <i>Resonator</i>	7
2.3 <i>Sonic Crystal</i>	8
2.4 Penelitian Sebelumnya <i>Sonic Crystal</i> dari Bambu	10
2.5 PVC (Polivinil Klorida).....	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	13

3.1 Tahap-Tahap Penelitian.....	13
3.2 Studi Literatur	14
3.3 Pengenalan Alat.....	14
3.4 Pembuatan Resonator.....	15
3.5 Pengukuran Resonator.....	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Perhitungan.....	20
4.1.1 Perhitungan Filling Ratio	20
4.2.2 Perhitungan Frekuensi Resonansi Dasar Pipa	20
4.2 Pengukuran Frekuensi Resonansi.....	21
4.3 Pembahasan.....	23
4.3.1 Pengaruh Frekuensi Resonansi Ukuran Pipa 1,5”	23
4.3.2 Pengaruh Frekuensi Resonansi Ukuran Pipa 2”	25
4.3.3 Pengaruh Frekuensi Resonansi Ukuran Pipa 2,5”	27
4.3.4 Perbandingan Perhitungan dan Pengukuran terhadap resonansi.....	29
4.3.5 Perbandingan Ukuran Pipa terhadap frekuensi resonansi.....	29
4.3.6 <i>Sonic Crystal</i> pipa 1,5”.....	31
BAB V KESIMPULAN	36
5.1 Kesimpulan.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN	40
BIOGRAFI PENULIS.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pemantulan bunyi berbagai bentuk permukaan.....	5
Gambar 2.2	Representasi absorpsi bunyi pada material.....	7
Gambar 2.3	Resonator Helmholtz.....	7
Gambar 2.4	<i>Sonic Crystal</i> (a) tampak samping (b) tampak atas..	9
Gambar 2.5	<i>Sonic Crystal</i> dari bambu berongga.....	10
Gambar 2.6	Polivinil Klorida.....	11
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	13
Gambar 3.2	<i>Sonic Crystal</i> Setengah Pipa (a) tampak depan (b) tampak samping	15
Gambar 3.3	<i>Sonic Crystal</i> Setengah pipa tampak bawah.....	15
Gambar 3.4	<i>Sonic Crystal</i> pipa ukuran 1,5”	16
Gambar 3.5	Rangkaian Percobaan.....	17
Gambar 3.6	Proses pengukuran frekuensi <i>Sonic Crystal</i> (a) tampak depan (b) tampak belakang.....	17
Gambar 4.1	Grafik frekuensi resonansi <i>sonic crystal</i> setengah pipa 1,5”.....	24
Gambar 4.2	Grafik frekuensi resonansi <i>sonic crystal</i> setengah pipa 2”.....	26
Gambar 4.3	Grafik frekuensi resonansi <i>sonic crystal</i> setengah pipa 2,5”.....	28
Gambar 4.4	Grafik frekuensi resonansi <i>sonic crystal</i> setengah pipa ukuran 1,5”,2”,2,5”.....	30
Gambar 4.5	Grafik frekuensi resonansi <i>sonic crystal</i> pipa 1,5”.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Frekuensi resonansi <i>Sonic Crystal</i> setengah pipa 1,5”.....	22
Tabel 4.2 Frekuensi resonansi <i>Sonic Crystal</i> pipa 1,5”.....	32

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menemukan peristiwa resonansi misalnya resonansi rongga udara pada alat musik berlubang seperti seruling yang membuat suaranya lebih keras. Resonansi dapat diartikan peristiwa dimana terjadinya pergetaran suatu benda karena ada benda lain yang bergetar. Resonansi dapat diperbaiki dan dikendalikan dengan berbagai cara, dengan penambahan material akustik tertentu atau desain ruang dengan bentuk tertentu pula. Jenis material akustik yang dapat mempengaruhi resonansi salah satunya adalah resonator. Resonator adalah suatu alat yang dapat menghasilkan resonansi pada frekuensi rendah. Resonator akustik dapat dimanfaatkan untuk menguatkan atau menghilangkan bunyi pada frekuensi rendah. Resonator bisa dibuat dari bahan apapun asalkan bahan tersebut memiliki sifat resonansi yaitu sifat dasar bahan dan dari susunan bahan tersebut.

Pada penelitian resonator sebelumnya C.Laggarigue pada 2013 di Prancis telah dilakukan pembuatan *sonic crystal* menggunakan bambu. Pengukuran tersebut dilakukan pada ruang *anechoic*. Pada penelitian ini didapatkan resonator yang menurunkan intensitas bunyi atau beresonansi destruktif pada frekuensi tinggi sekitar 2k Hz. Namun kekurangan dari penelitian ini adalah bambu yang digunakan didapatkan dari alam bersifat heterogen sehingga hasil pengukuran yang dilakukan saat itu akan memiliki perbedaan dengan pengukuran di tempat lain meskipun menggunakan bahan baku yang sama dan konfigurasi yang sama.

Pada penelitian ini juga akan dilakukan penelitian yang sama yaitu pembuatan *sonic crystal*, dengan metode yang sama seperti yang dilakukan peneliti sebelumnya (C.laggarigue). Namun yang membedakan adalah bahan baku setengah pipa dan tidak terdapat lubang pada bagian depannya. bahan yang digunakan bersifat homogen yaitu pipa PVC dengan bentuk setengah silinder. Bahan

baku ini dipilih karena ketersediaan di pasaran mudah, bersifat homogen dan juga memiliki sifat kaku, dimana sifat kaku ini dapat memantulkan bunyi, sehingga dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan resonansi. Variasi ukuran pipa yang digunakan ada 3 variasi ukuran meliputi 1,5", 2", dan 2,5" yang akan diteliti apakah akan berpengaruh terhadap frekuensi resonansi yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dibahas sebelumnya, penulis melakukan beberapa Analisa kinerja dengan permasalahan yang ditemukan sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat resonator dengan bahan dasar setengah pipa PVC
2. Bagaimana cara melakukan pengujian kemampuan resonansi dari *sonic crystal*.
3. Bagaimana pengaruh ukuran pipa terhadap frekuensi resonansi

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ukuran pipa terhadap frekuensi resonansi

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pipa yang digunakan adalah setengah pipa PVC (ukuran 1,5", 2", 2,5") dengan Panjang 60cm
2. Pengukuran dilakukan di ruangan anechoic Laboratorium Akustik Fisika ITS
3. Rentang frekuensi yang digunakan adalah 80Hz-2kHz dengan 1/24 pita oktaf

1.5 Manfaat Hasil Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu dapat menghasilkan panel resonator baru yang dapat diaplikasikan pada ruangan tertentu.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini, tersusun dalam lima bab yaitu: Bab 1: Pendahuluan, berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat tugas akhir. Bab 2: Tinjauan Pustaka, berisi tentang kajian pustaka yang digunakan pada tugas akhir. Bab 3: Metodologi Penelitian, berisi tentang metode dan tahap pengambilan data. Bab 4: Analisis Data dan Pembahasan, berupa hasil data yang diperoleh, serta analisis yang dilakukan. Bab 5: Kesimpulan, berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

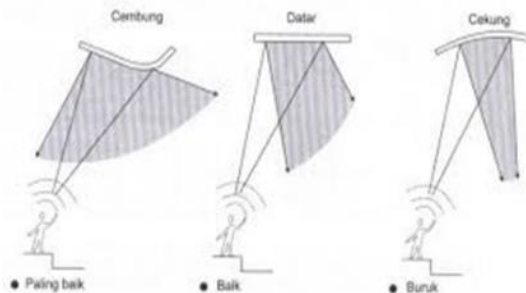
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sifat Bunyi

Pada dasarnya suatu bunyi yang merambat melalui medium memiliki sifat, hal ini terjadi sebelum bunyi sampai pada telinga manusia. Berdasarkan rambatannya bunyi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bagian yaitu refleksi, transmisi, absorpsi dll untuk lebih detailnya dapat dilihat pada sub bab berikut ini.

2.1.1 Refleksi Bunyi (Pemantulan Bunyi)

Bunyi yang dihasilkan oleh sebuah sumber ketika mengenai sebuah bidang atau permukaan, maka sebagian energi bunyi tersebut akan dipantulkan. Secara umum kita mengenal persamaan sudut datang sama dengan sudut pantul terhadap garis normal yang dikenal dengan hukum Snellius. Semakin keras, licin, dan homogen suatu material, semakin besarlah tingkat pemantulan yang dihasilkan. Dengan pantulan yang besar dapat memperbesar pula waktu dengun dan juga persebaran *Sound Pressure Level* (SPL) kurang baik. (Tiara,2011)



Gambar 2.1 Pemantulan bunyi berbagai bentuk permukaan
(Tiara, 2011)

Berdasarkan pada Gambar 2.1, terlihat adanya perbedaan antara perilaku pantulan bunyi yang diakibatkan oleh bidang cembung,

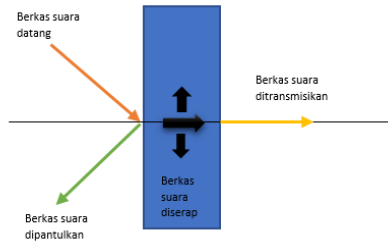
cekung dan datar. Adanya peristiwa pemantulan tersebut memberikan suasana yang lebih baik pada sebuah ruangan. Pemantulan yang terjadi hendaknya tidak membuat ruangan berada dalam tingkat difus. Oleh karena itu, pemantulan yang berupa echo (gaung atau gema) sebaiknya dihindarkan. Echo muncul bila pemantulan terjadi lebih lama $1/20$ detik dari bunyi asli pada kecepatan rambat 340 m/det. Echo biasanya muncul pada ruangan yang sangat besar dan dibatasi oleh bidang memantul. Pada ruangan sempit memanjang dibatasi dinding memantul akan terjadi pemantulan berulang – ulang yang disebut dengan *flutter echoes* atau *standing waves*. Keadaan ini sebaiknya juga dihindari, karena akan mengurangi kejelasan bunyi asli.

2.1.2 Transmisi Bunyi (Penerusan Bunyi)

Transmisi Bunyi adalah peristiwa penerusan dari berkas bunyi yang datang pada suatu bidang permukaan menuju ke bagian sebaliknya dari arah datangnya berkas bunyi tersebut. Umumnya transmisi bunyi terjadi karena adanya celah, retak, cacat pada material bidang batas yang menyebabkan material tidak homogen. Kemungkinan lain transmisi juga terjadi ketika bidang batas cukup ringan, tipis dan tidak dipasang permanen.

2.1.3 Absorpsi Bunyi (Penyerapan Bunyi)

Absorpsi bunyi merupakan sejumlah energi akustik yang diserap oleh suatu material yang dilewati oleh gelombang bunyi itu. Penyerapan ini dikarenakan adanya suatu perubahan energi dari energi bunyi menjadi energi panas (P,Satyajeet.2014). Ini sesuai dengan Hukum kekekalan energi mengatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan tetapi energi dapat berubah bentuk ke bentuk lainnya. Bunyi merupakan energi partikel udara yang bergetar dan energi ini bisa hilang berubah menjadi energi panas. (Irawan,2001)

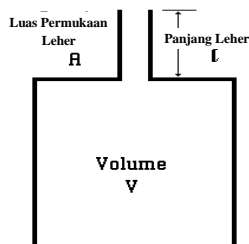


Gambar 2.2 Representasi absorpsi bunyi pada material (Irawan,2001)

Gelombang bunyi telah melewati permukaan bahan penghalang (*barrier*) kemudian menggetarkan pori-pori yang ada di dalam bahan tersebut. Kemampuan bahan dalam menyerap bunyi dapat diukur dengan koefisien absorpsi, yaitu banyaknya energi bunyi yang diserap dibandingkan keseluruhan energi bunyi yang mengenai permukaan. Besarnya koefisien absorpsi (α) adalah antara 0 sampai 1. Apabila $\alpha_{\text{bahan}} = 0,6$ berarti 60% energi bunyi yang datang diserap oleh permukaan bahan dan 40% dipantulkan.

2.2 Resonator

Resonator rongga adalah absorber berupa balok yang memiliki rongga resonansi dimana gelombang bunyi yang terjebak di dalamnya akan dipantulkan berulang kali dan energinya diserap hingga habis. Karena permukaannya tak beraturan, resonator rongga dapat juga berfungsi sebagai diffuser. Salah satu jenis resonator yang dikembangkan adalah resonator helmholtz, yang memiliki bentuk seperti berikut



Gambar 2.3 Resonator Helmholtz

Nilai Frekuensi resonansi dari resonator tak teredam bisa dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1 (K. B. Ginn, 1978)

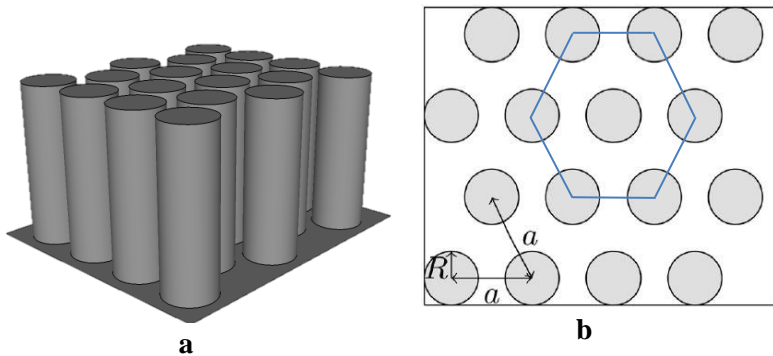
$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{lV}} \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana c adalah kecepatan bunyi di udara (m/s), A adalah luas permukaan leher (m²), l adalah panjang leher (m), dan V adalah volume dari resonator (m³). Parameter l,A dan v bisa dilihat pada Gambar 2.3

2.3 *Sonic Crystal*

Sonic Crystal adalah salah satu bahan metamaterial dimana bahan ini merupakan bahan buatan yang tak tersedia di alam. Dengan merangkai material dari kristal fotonik menjadi jaringan, yang skalanya lebih kecil dari panjang gelombang yang ingin dimanupulasi, secara teoritis, gelombang itu dapat dibelokkan. *Sonic Crystal* susunan periodik dari pencar-pencar atau tiang yang tertanam pada suatu bidang datar secara vertikal dan menjulang keatas. Pada *Sonic Crystal* ini terdapat *stop band* yaitu bunyi yang akan ditahan pada frekuensi tertentu. *Sonic Crystal* merupakan material yang ringan dan memungkinkan untuk mengisolasi pada beberapa range frekuensi yang diinginkan tergantung dari kombinasi jarak, bahan, dan celah antar bahan. *Sonic Crystal* ini digunakan untuk pengontrol kebisingan udara bebas pada frekuensi tertentu. (Federica.2015)

Sebuah studi eksperimental pada patung *Sonic Crystal* ini menunjukkan bahwa silinder satuan (silinder berlubang tunggal yang kaku), kesimetrian kisi (jarak antara pusat silinder yang berdekatan) dan fraksi pengisi (jumlah material yang digunakan per silinder satuan) berkontribusi terhadap kehadiran pita Bragg celah di mana perambatan bunyi dihalang.(Nicole, 2016)



Gambar 2.4 *Sonic Crystal* (a) tampak samping (b) tampak atas (koleksi pribadi)

Sonic Crystal biasanya disusun dalam bidang persegi atau segitiga untuk menentukan adanya celah pita atau tidak, parameter yang penting digunakan adalah *Filling Ratio* (*Fr*) antara area disekitar silinder dan area silinder satuan. Gambar 2.4 menunjukkan salah satu bentuk desain *sonic crystal* dan garis biru hexagonal adalah syarat konfigurasi minimum terbentuknya *sonic crystal*. Dari Gambar 2.4, nilai *Fr* dapat dihitung menggunakan persamaan

$$Fr = \frac{\pi d^2}{2a^2\sqrt{3}} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana *d* adalah diameter dari silinder dan *a* adalah jarak antara dua silinder yang berdekatan dengan pusat silinder dapat dilihat pada Gambar 2.4b. Untuk membuat daya destruktif yang cukup kuat antara gelombang yang terdifraksi setiap silindernya, dan untuk mengobservasi adanya pita terlarang. Untuk *Sonic Crystal* susunan persegi *Fr* yang digunakan antara 0.4 dan 0.6 untuk menciptakan *bandgap* yang absolut agar gelombang bunyi tidak melewati *Sonic Crystal*.

Secara perhitungan frekuensi fundamental dari *sonic crystal* juga dapat dihitung melalui persamaan:

$$f_H^n = \frac{c}{2\pi} \frac{R_h}{R_i^n \sqrt{L\delta l}} \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana c adalah kecepatan udara 340m/s, R_h adalah jari jari lubang, R_i^n adalah jari jari internal resonator, dan L adalah Panjang resonator, sedangkan $\delta l = l + 0,48 \sqrt{\pi R_h^2}$ dimana l adalah panjang pipa. (Lagarrigue,2013)

2.4 Penelitian Sebelumnya *Sonic Crystal* dari Bambu

Pada penelitian sebelumnya oleh C.Laggarigue pada tahun 2013 di Prancis telah dibuat *Sonic Crystal* dari bambu berongga yang diberi lubang pada bagian permukaannya seperti pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 *Sonic Crystal* dari bambu berongga

Sampel uji yang dibuat dari bambu dengan diameter antara 3,7 cm hingga 4,3 cm dengan Panjang bambu 2,60 m. *Sonic Crystal* ini terdiri dari 9 baris dan 5 kolom. Semua eksperimen dilakukan pada ruang *anechoic*. Dengan rangkaian eksperimen yaitu Speaker terhubung pada pembangkit frekuensi rendah dan memproduksi sinyal dari frekuensi 100 hingga 4000Hz. Speaker diletakkan sejauh 2,8 m dari *Sonic Crystal*. Sebuah *microphone* yang digunakan B&K ¼-inch untuk merekam bunyi yang ditransmisikan dan diletakkan 9 cm dibelakang *Sonic Crystal* untuk meminimalisir difraksi. Pada percobaan ini didapatkan hasil bahwa *bandgap* atau pita frekuensi yang dominan dihilangkan adalah pada frekuensi 1600 hingga 2550 Hz, dengan koefisien

transmisi dibawah 0,2 dimana atenuasi yang terjadi kurang lebih sebesar -14dB. (Laggarigue,2013)

2.5 PVC (Polivinil Klorida)

PVC yang kepanjangannya adalah Polivinil klorida, adalah polimer termoplastik urutan ketiga dalam hal jumlah pemakaian di dunia, setelah polietilena dan polipropilena. Ternyata di seluruh dunia, lebih dari 50% konstruksi menggunakan bahan PVC. Sebenarnya alasannya apa sih orang orang memakai PVC, selain PVC harganya terjangkau , tahan lama, PVC merupakan salah satu bahan yang termasuk mudah untuk dirangkai. Beberapa bahan PVC juga ada yang dibuat lebih elastis dan fleksibel dengan menambahkan plasticizer, dan umumnya dipakai sebagai bahan pakaian, perpipaan, atap, dan insulasi kabel listrik (*conduit*).



Gambar 2.6 Polivinil Klorida

PVC diproduksi dengan cara polimerisasi monomer vinil klorida ($\text{CH}_2=\text{CHCl}$). Karena 57% massanya adalah klor, PVC adalah polimer yang menggunakan bahan baku minyak bumi terendah di antara polimer lainnya. Proses produksi yang dipakai pada umumnya adalah polimerisasi suspensi. Pada proses ini, monomer vinil klorida dan air diintroduksi ke reaktor polimerisasi dan inisiator polimerisasi, bersama bahan kimia tambahan untuk menginisiasi reaksi. Kandungan pada wadah reaksi terus-menerus dicampur untuk mempertahankan suspensi dan memastikan keseragaman ukuran partikel resin PVC. (www.pipaku.com)

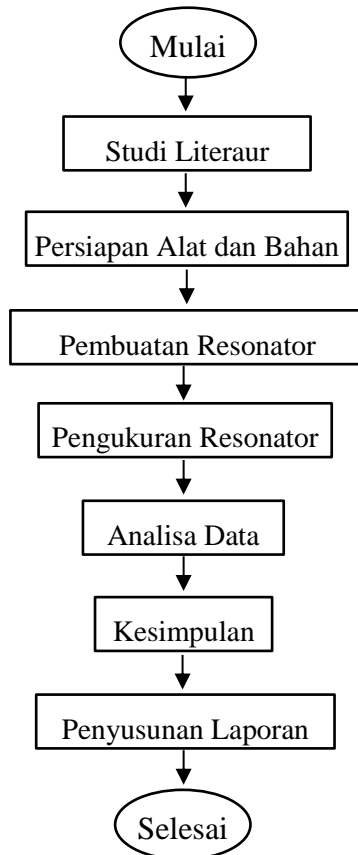
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahap-Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan diagram alir yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendukung proses pembuatan tugas akhir dari serta memahami arah dan alur penelitian yang dapat mendukung proses penelitian dari awal hingga penulisan laporan. Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan dasar teori yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat menjadi acuan dalam melakukan analisis dan pembahasan. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku teks, artikel, jurnal ilmiah serta internet.

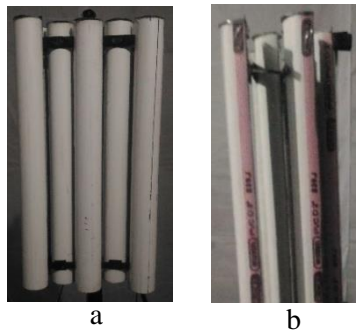
3.3 Pengenalan Alat

Pada penelitian ini digunakan beberapa macam alat yang berguna dalam berlangsungnya penelitian. Adapun fungsi dan karakteristik alat tersebut adalah :

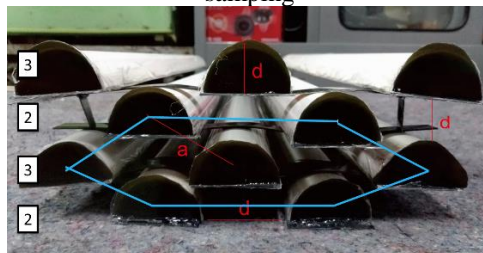
- i. *Personal Computer* (PC/Laptop) berfungsi sebagai alat pengolah data dan penghasil sumber bunyi impuls dari *software Realtime Analyzer*.
- ii. *Amplifier* berfungsi sebagai alat penguat sinyal bunyi sebelum masuk ke *speaker*.
- iii. *Speaker* berfungsi sebagai sumber bunyi yang digunakan pada penelitian.
- iv. *Sound Level Meter* (SLM) berfungsi sebagai alat untuk membaca nilai peluruhan bunyi yang terjadi.
- v. *Statip* berfungsi sebagai penyangga bahan uji agar berada sesuai dengan posisi yang diinginkan.
- vi. *Tripod* berfungsi sebagai alat untuk menyangga mikropon agar mikropon tepat pada jarak dan sudut yang diinginkan.
- vii. *Soundcard* berfungsi untuk menjembatani laptop dan amplifier

3.4 Pembuatan Resonator

Adapun pada tahap ini akan dijelaskan tentang pembuatan resonator. Pertama adalah menyiapkan semua alat dan bahan yang dibutuhkan, yaitu antara lain mika fiber, gergaji, lem, dan juga pipa PVC. Pipa yang digunakan memiliki tiga variasi, yaitu dengan ukuran 1,5", 2", dan 2,5". Pipa dipotong dengan panjang 60cm. Lalu dibagi menjadi 2 bagian tepat pada bagian tengahnya secara vertical. Mika fiber dipotong seukuran pipa yang digunakan. Selanjutnya tempel mika fiber pada belakang pipa dan salah satu ujung penutup pipa lalu gabungkan pipa tersebut sesuai konfigurasi persegi 2-3-2-3 seperti pada gambar 3.2



Gambar 3.2 *Sonic Crystal* Setengah Pipa (a) tampak depan (b) tampak samping



Gambar 3.3 *Sonic Crystal* Setengah pipa tampak bawah

Pada konfigurasi pipa Gambar 3.3 disusun berdasarkan jumlah sesuai konfigurasi dengan jarak antar pipa (d) sesuai dengan diameter pipa yang digunakan serta jarak celah (a). Variasi pada pembuatan *Sonic Crystal* ini menggunakan ukuran 1,5", 2", 2,5". Garis biru pada Gambar 3.3 merupakan *filling ratio* yang terbentuk pada *sonic crystal* setengah pipa dengan konfigurasi ini.



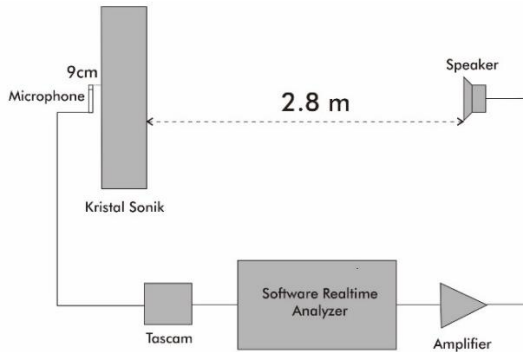
Gambar 3.4 *Sonic Crystal* pipa ukuran 1,5" (koleksi pribadi)

Selain itu pada Gambar 3.4 juga dibuat *sonic crystal* pipa ukuran 1,5" untuk membandingkan hasil yang diperoleh dengan *sonic crystal* setengah pipa 1,5". Konfigurasi dan jarak celah yang digunakan sama dengan *sonic crystal* setengah pipa 1,5".

3.5 Pengukuran Resonator

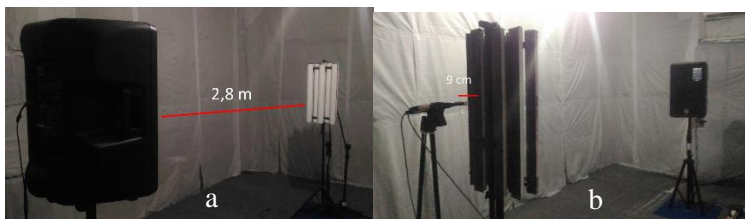
Adapun cara melakukan pengukuran kemampuan resonansi dilakukan pada ruangan *semi-anechoic*

Laboratorium Akustik Fisika ITS dengan berdasar pada jurnal yang ditulis oleh C. Lagarrigue pada tahun 2013. Pada pengukuran kemampuan resonansi diambil data SPL ruang kosong dan SPL total saat resonator telah terpasang. Adapun konfigurasi pengukuran adalah sebagai berikut



Gambar 3.5 Rangkaian Percobaan (koleksi pribadi)

Berdasarkan pada Gambar 3.5, jarak *Sonic Crystal* dan speaker adalah 2.8 m dan microphone diletakkan tepat dibelakang *Sonic Crystal* dengan jarak 9 cm. Untuk mendapatkan nilai frekuensi resonansi dari *sonic crystal*, dilakukan dengan membandingkan nilai SPL total saat *Sonic Crystal* dipasang dengan dengan SPL ruang kosong. (Laggarigue, 2013)



Gambar 3.6 Proses pengukuran frekuensi *Sonic Crystal* (a) tampak depan (b) tampak belakang (koleksi pribadi)

Pada Gambar 3.6 merupakan proses pengukuran langsung yang dilakukan di ruang *semianechoic* Akustik Fisika ITS. Sebagai sumber bunyi, Speaker diletakkan sejajar arah panel dengan jarak 2,8 m dimana pada jarak ini bunyi akan tersebar merata ke ruangan. Kemudian 2 *microphone* diletakkan tepat di belakang tengah panel sejauh 9 cm. selanjutnya hasil pengukuran diteruskan pada computer dan diolah menggunakan perangkat lunak *Realtime Analyzer*.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan

Untuk mengetahui performa dari *sonic crystal* yang didesain, maka dilakukan perhitungan nilai parameter akustik serta pengukuran di Laboratorium. Perhitungan yang dilakukan meliputi *filling ratio* serta frekuensi resonansi dasar dari *sonic crystal* yang didesain.

4.1.1 Perhitungan Filling Ratio

Sebelum melakukan pengukuran, kita dapat mencari filling ratio dari masing masing ukuran pipa. Tujuan dari perhitungan filling ratio adalah sebagai acuan dasar apakah *sonic crystal* yang dibuat sudah optimum. Yang mana dikatakan optimum jika nilai berkisar diantara 0,4 - 0,6 (Lagarigue,2013) Perhitungan menggunakan persamaan (2.2) :

$$Fr = \frac{\pi d^2}{2a^2 \sqrt{3}}$$

Untuk ukuran pipa 1,5” didapatkan perhitungan :

$$Fr = \frac{3,14 \cdot 3,015^2}{2 \cdot 6^2 \cdot \sqrt{3}}$$
$$Fr_{1,5} = 0,23$$

Dengan cara yang sama untuk ukuran pipa yang berbeda didapatkan

$$Fr_2 = 0,3$$
$$Fr_{2,5} = 0,36$$

Maka pada ukuran pipa 2,5 merupakan *filling ratio* yang paling optimal.

4.2.2 Perhitungan Frekuensi Resonansi Dasar Pipa

Frekuensi resonansi dasarnya dapat dicari melalui proses perhitungan dari *Sonic Crystal* yang dibuat. Dengan menggunakan persamaan (2.3) :

$$f_H^n = \frac{c}{2\pi} \frac{R_h}{R_i^n \sqrt{L\delta l}}$$

Karena tabung tidak memiliki lubang maka $R_h = R_i^n$

$$f_H^n = \frac{c}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{L\delta l}}$$

Jika, $\delta l = l + 0,48 \sqrt{\pi R_h^2}$ maka

$$\delta l = 60 + 0,48 \sqrt{3,14 \cdot 60^2}$$

$$\delta l = 111,0336$$

Sehingga, didapatkan

$$f_H^n = \frac{c}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{L \cdot 111,0336}}$$

$$f_H^n = \frac{c}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{60 \cdot 111,0336}}$$

$$f_H^n = \frac{34000}{2 \cdot 3,14} \frac{1}{\sqrt{60 \cdot 111,0336}}$$

Maka frekuensi dasar yang dihasilkan oleh *Sonic Crystal* adalah 66.59 Hz untuk semua ukuran pipa.

4.2 Pengukuran Frekuensi Resonansi

Pengukuran frekuensi resonansi pada ruang *semianechoic* laboratorium akustik Fisika ITS dengan berdasar pada metode yang ditulis oleh C. Laggarigue (2013). Dari pengukuran yang dilakukan diperoleh data berupa respon frekuensi SPL pada variasi pipa *Sonic Crystal* yang telah dibuat. Data yang didapatkan menggunakan 1/24 pita oktaf namun pada data ini telah diseleksi data yang memiliki perubahan lebih dari 3dB karena pada intensitas ini mulai dirasakan oleh pendengaran manusia. (Laggarigue,2013)

Pada proses pengukuran digunakan 2 *microphone* yang diletakkan bersebelahan sebagai referensi apakah *microphone* yang digunakan sudah cukup akurat. Adapun data yang diperoleh yaitu:

Tabel 4.1 Frekuensi resonansi *Sonic Crystal* setengah pipa 1,5”

No	Frekuensi	Ada Bahan	Kosong	Delta SPL
1	65 Hz	46.66	48.65	-1.99
2	67 Hz	49.98	51.41	-1.42
3	817.5 Hz	58.68	64.84	-5.74
4	841.5 Hz	55.40	67.37	-11.70
5	866 Hz	57.97	68.46	-10.16
6	891.5 Hz	58.92	66.65	-7.30
7	129.5 Hz	64.08	67.21	-3.11
8	133.5 Hz	63.34	66.82	-3.45
9	137 Hz	62.60	66.44	-3.80
10	141.5 Hz	61.86	66.05	-4.14
11	917.5 Hz	65.96	70.08	-4.39
12	944 Hz	68.81	72.14	-3.53
13	1k Hz	71.34	75.59	-4.18
14	1.88k Hz	63.81	68.00	-3.88
15	94.5 Hz	66.13	63.15	3.02
16	97 Hz	65.52	62.39	3.19
17	298.5 Hz	67.07	62.18	5.07
18	307.5 Hz	67.24	61.71	5.71
19	315 Hz	67.40	61.24	6.35
20	365 Hz	73.17	68.78	4.48
21	1.33k Hz	77.08	73.37	3.77
22	1.37k Hz	77.89	74.23	3.54
23	1.41k Hz	76.69	72.38	4.24
24	1.83k Hz	69.93	66.80	3.02

Pada Tabel 4.1 dapat didapatkan Delta SPL merupakan selisih antara ruang pengukuran ada bahan dan ruang pengukuran kosong. Adapun nilai negatif pada delta SPL menunjukkan bahwa terjadi penurunan intensitas bunyi atau terjadi resonansi destruktif. Sedangkan jika bernilai positif maka intensitas bunyi diperkuat atau resonansi konstruktif. Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui pada sonic crystal ukuran 1,5” terjadi 24 titik frekuensi resonansi. Pada nomor 1-2 diperoleh 2 titik frekuensi destruktif berdasarkan perhitungan, nomor 3-6 diperoleh 4 titik frekuensi bandgap utama, nomor 7-14 diperoleh 8 titik frekuensi destruktif, nomor 15-24

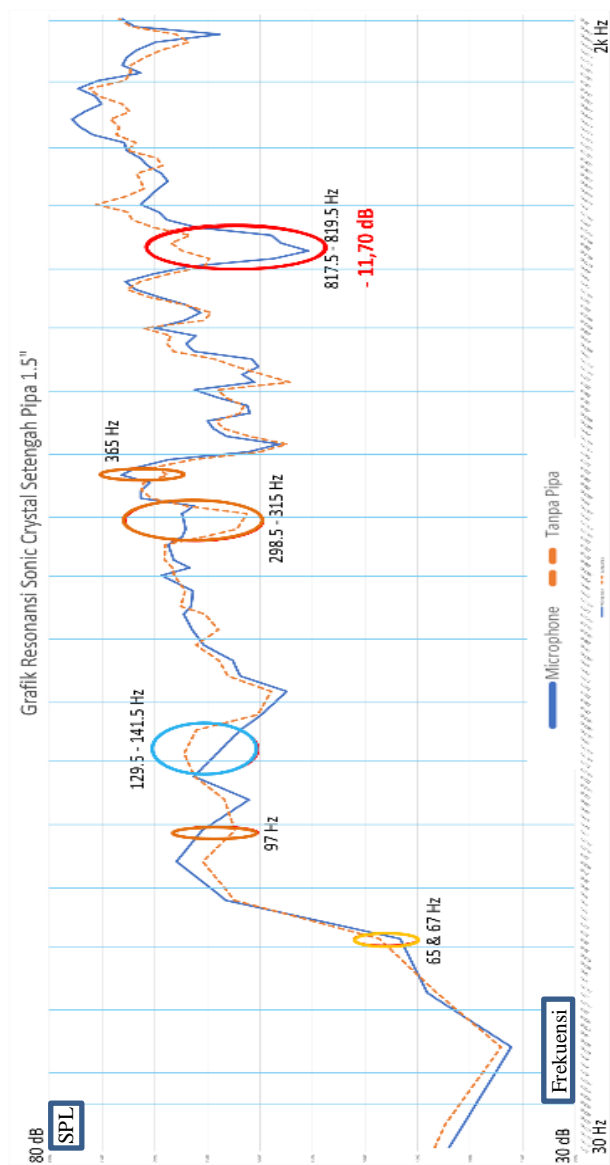
diperoleh 10 titik frekuensi konstruktif, dan bandgap utama yaitu rentang frekuensi yang mengalami atenuasi destruktif maksimum pada frekuensi 817,5 – 891,5 Hz. Sedangkan untuk data variasi ukuran pipa 2” dan 2,5” dapat dilihat pada Lampiran

4.3 Pembahasan

Setelah didapatkan data berdasarkan pada Tabel 4.1, dibuat grafik resonansi agar dapat diketahui resonansi pada frekuensi manakah yang paling signifikan. Pada Gambar 4.1 – 4.5 ini telah diseleksi kembali dan ditonjolkan pada frekuensi mana saja yang memiliki perbedaan yang cukup signifikan antara pengukuran ruang kosong dengan pengukuran setelah dipasang *Sonic Crystal*. Garis patah-patah adalah garis pengukuran untuk ruang kosong sedangkan garis biru adalah garis pengukuran *Sonic Crystal* menggunakan *microphone*.

4.3.1 Pengaruh Frekuensi Resonansi Ukuran Pipa 1,5”

Grafik berikut ini merupakan data yang diolah berdasarkan Tabel 4.1 kemudian dilingkari yang memiliki perbedaan pola yang signifikan.

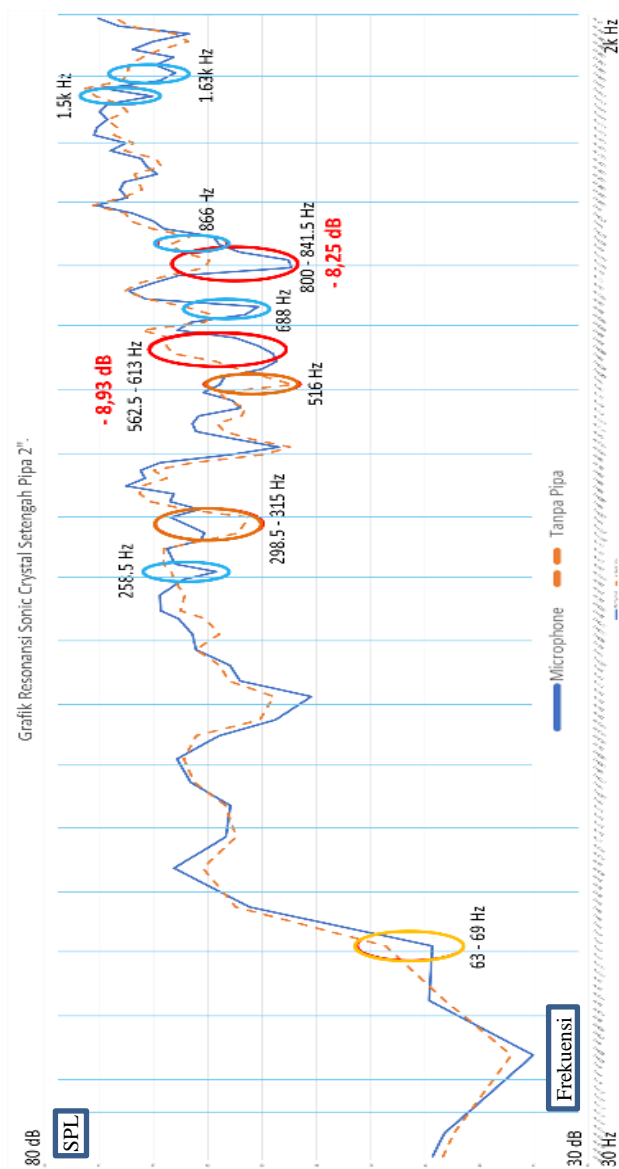


Gambar 4.1 Grafik frekuensi resonansi *sonic crystal* setengah pipa 1,5"

Pada Gambar 4.1 ditunjukkan grafik frekuensi resonansi *Sonic Crystal* pipa 1,5". Untuk melihat terjadinya resonansi, perhatikan garis patah-patah dan garis lurus berwarna biru. Jika pola yang terbentuk antara garis patah-patah dan garis biru berbeda maka terjadi resonansi. Lingkaran berwarna kuning adalah resonansi destruktif berdasarkan perhitungan, lingkaran berwarna coklat adalah resonansi konstruktif, lingkaran berwarna biru adalah resonansi absorptif sedangkan lingkaran berwarna merah adalah *bandgap* pada *sonic crystal*. Pada frekuensi 65 - 67 Hz terjadi resonansi destruktif -1,42 sampai -1,99 dB. Pada frekuensi 97 Hz terjadi resonansi konstruktif sebesar 3,19 dB. Pada frekuensi 129,5 - 141,5 Hz terjadi resonansi destruktif sebesar -3,11 sampai -4,14 dB. Pada frekuensi 298,5 - 315 Hz terjadi resonansi konstruktif sebesar 5,07 - 6,35 dB. Pada frekuensi 365 Hz terjadi resonansi konstruktif sebesar 4,48 dB. Pada frekuensi 817,5 - 819,5 Hz terjadi *bandgap* utama sebesar -5,74 sampai -11,70 dB.

4.3.2 Pengaruh Frekuensi Resonansi Ukuran Pipa 2"

Grafik berikut ini merupakan data yang diolah berdasarkan Tabel 4.2 kemudian dilingkari yang memiliki perbedaan pola yang signifikan.

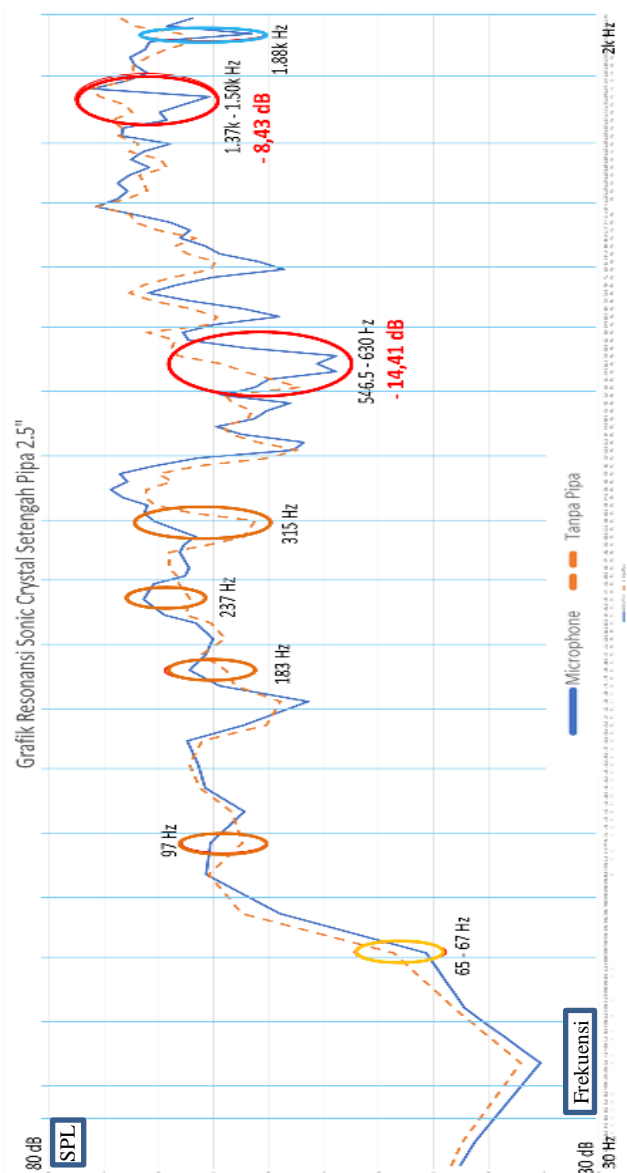


Gambar 4.2 Grafik frekuensi resonansi *sonic crystal* setengah pipa 2^o

Pada Gambar 4.2 ditunjukkan grafik frekuensi resonansi *Sonic Crystal* pipa 2” dimana pada frekuensi 63 - 69 Hz terjadi resonansi destruktif -3,09 sampai -4,29 dB. Pada frekuensi 258.5 Hz terjadi resonansi destruktif sebesar -4,07 dB. Pada frekuensi 298,5 – 315 Hz terjadi resonansi konstruktif 3,31 – 7,37 dB. Pada frekuensi 516 Hz terjadi resonansi konstruktif sebesar 6,60 dB. Pada frekuensi 688 Hz terjadi resonansi destruktif sebesar -6,71 dB. Pada frekuensi 866 Hz terjadi resonansi destruktif sebesar -4,36 dB. Pada frekuensi 1,5k – 1,63k Hz terjadi resonansi destruktif sebesar -4,57 sampai -4,88 dB. Pada frekuensi 562,5 - 613Hz terjadi bandgap sebesar -5,52 sampai -8,93 dB. Pada frekuensi 800 – 841,5 Hz terjadi bandgap utama sebesar -5,50 sampai -8,25 dB.

4.3.3 Pengaruh Frekuensi Resonansi Ukuran Pipa 2,5”

Grafik berikut ini merupakan data yang diolah berdasarkan Tabel 4.3 kemudian dilingkari yang memiliki perbedaan pola yang signifikan.



Gambar 4.3 Grafik frekuensi resonansi *sonic crystal* setengah pipa 2,5"

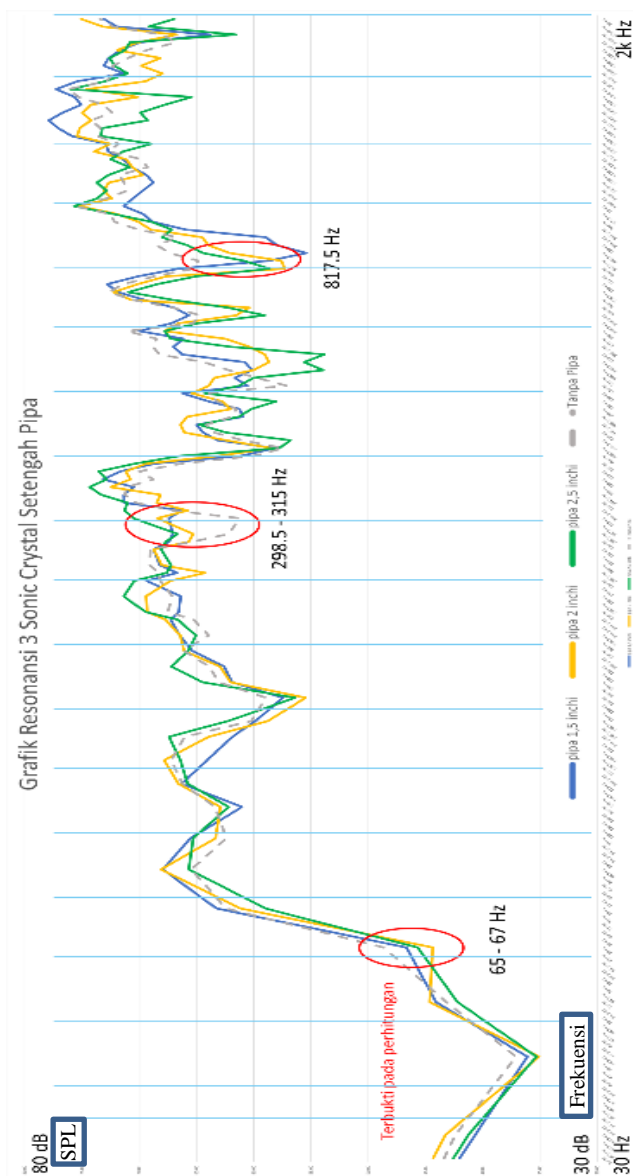
Pada Gambar 4.3 ditunjukkan grafik frekuensi resonansi Sonic Crystal pipa 2,5" dimana pada frekuensi 65 - 75 Hz terjadi resonansi destruktif -2,96 sampai -3,46 dB. Pada frekuensi 97 Hz terjadi resonansi konstruktif sebesar 2,91 dB. Pada frekuensi 183 Hz terjadi resonansi konstruktif 3,31 dB. Pada frekuensi 237 Hz terjadi resonansi konstruktif sebesar 4,28 dB. Pada frekuensi 315 Hz terjadi resonansi konstruktif sebesar 9,44 dB. Pada frekuensi 1,88k Hz terjadi resonansi destruktif sebesar -5,56 dB. Pada frekuensi 546,5 – 630 Hz terjadi bandgap utama sebesar -6,67 sampai -14,41 dB. Pada frekuensi 1,37k – 1,50k Hz terjadi bandgap sebesar -5,54 sampai -8,43 dB.

4.3.4 Perbandingan Perhitungan dan Pengukuran terhadap resonansi

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan frekuensi resonansi awal pada frekuensi 66.59 Hz dan pada ketiga variasi *Sonic Crystal* Tabel 4.1 – 4.3 menunjukkan bahwa resonansi dasar pertama terjadi pada frekuensi tersebut. Maka hasil perhitungan sama dengan hasil pengukuran.

4.3.5 Perbandingan Ukuran Pipa terhadap frekuensi resonansi

Untuk mempermudah dalam melakukan analisa terhadap respon dari ke-tiga variasi kristal sonik yang dibuat, dilakukan plotting grafik dari ke-tiganya. Gambar 4.4 menunjukkan grafik dari ketiga jenis *Sonic Crystal* yang dibuat.



Gambar 4.4 Grafik frekuensi resonansi *sonic crystal* setengah pipa ukuran 1,5",2",2,5"

Dari Gambar 4.4 dapat dibandingkan bahwa terdapat titik frekuensi resonansi yang sama dari ketiga variasi ukuran *sonic crystal* yaitu pada frekuensi 65 – 67 Hz sehingga membuktikan dari hasil perhitungan bahwa resonansi pertama terjadi pada frekuensi tersebut. Selanjutnya pada frekuensi 298,5 – 315 Hz dan 817,5 Hz. Dari data juga dapat di analisa bahwa semakin besar ukuran pipa yang digunakan akan membuat titik frekuensi resonansinya juga semakin banyak.

4.3.6 Sonic Crystal pipa 1,5”

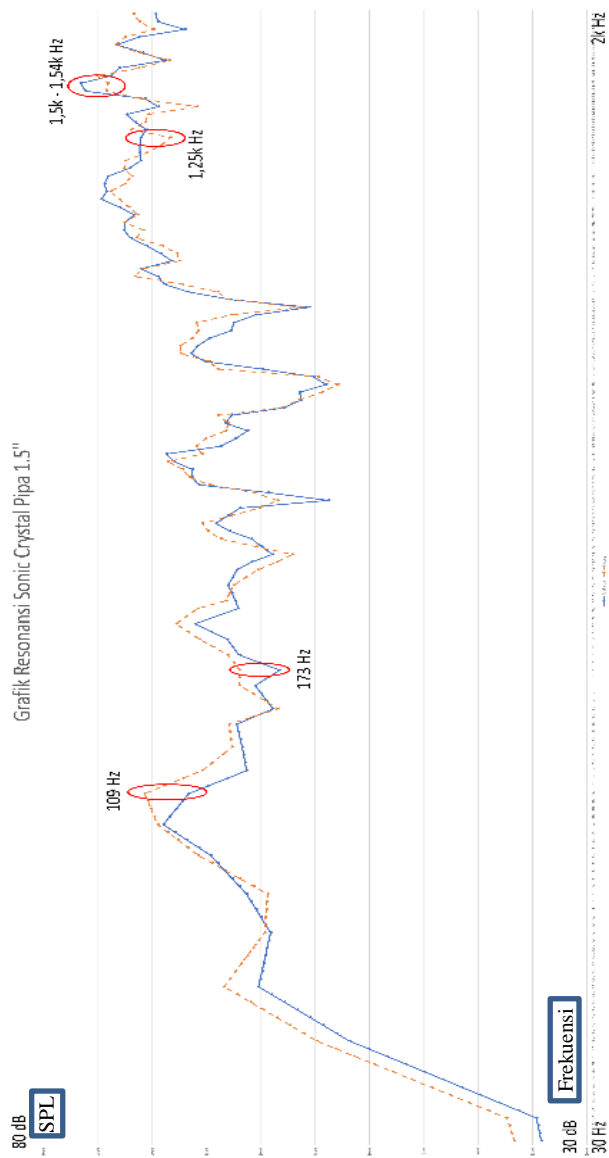
Untuk memvalidasi data perhitungan dan pengukuran dari pembuatan *sonic crystal* setengah pipa, maka dibuatlah *sonic crystal* pipa penuh untuk mengecek apakah persamaan yang digunakan sudah sesuai dan biasa diaplikasikan untuk *sonic crystal* setengah pipa. *Sonic Crystal* dibuat dengan metode, jarak celah, dan perhitungan yang sama. Berikut adalah hasil pengukuran dari *sonic crystal* pipa 1,5”

Tabel 4.2 Frekuensi resonansi *Sonic Crystal* pipa 1,5”

No	Frekuensi	Ada Bahan	Kosong	Delta SPL
1	43.5	51.91	54.91	-3.00
2	44.5	53.10	56.12	-3.03
3	46	54.28	57.33	-3.05
4	47.5	55.47	58.55	-3.07
5	48.5	56.66	59.76	-3.10
6	50	57.85	60.97	-3.12
7	51.5	59.04	62.18	-3.14
8	53	60.22	63.39	-3.17
9	109	66.64	70.72	-4.08
10	112	64.87	68.95	-4.08
11	115.5	63.10	67.18	-4.08
12	119	61.33	65.41	-4.08
13	122.5	61.46	64.50	-3.03
14	173	58.28	61.94	-3.67
15	217.5	62.09	65.82	-3.73
16	325.5	53.78	58.49	-4.70
17	387	68.70	65.43	3.27
18	531	59.89	64.01	-4.12
19	613	62.73	65.76	-3.03
20	630	62.49	65.92	-3.43
21	1.41k	69.44	65.88	3.56

Berdasarkan Tabel 4.4 diketahui pada *sonic crystal* pipa ukuran 1,5” terjadi 21 titik frekuensi resonansi. Pada frekuensi 65 Hz tidak terjadi resonansi yang mana tidak sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. 19 titik frekuensi destruktif, 2 titik frekuensi konstruktif, frekuensi *bandgap* pada *sonic crystal* ini tidak terbentuk namun atenuasi terbesarnya yaitu -4,70 dB pada frekuensi 325,5 Hz.

Selanjutnya dibuat grafik untuk melihat perbandingan pengukuran antara ruang kosong dengan pengukuran *sonic crystal* pipa 1,5”



Gambar 4.5 Grafik frekuensi resonansi *sonic crystal* pipa 1,5"

Dari Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa sesuai perhitungan yang dilakukan yaitu pada frekuensi 65 Hz tidak terjadi resonansi melainkan resonansi pertama terjadi pada frekuensi 109 Hz terjadi resonansi destruktif sebesar -4,08 dB. Pada frekuensi 173 Hz terjadi resonansi destruktif sebesar -3,67 dB. Pada frekuensi 1,25k Hz terjadi resonansi konstruktif 2,74 dB dan pada frekuensi 1,5k – 1,54k Hz terjadi resonansi konstruktif 1,88 – 2,52 dB. Namun dari grafik tidak dapat ditemukan bendgap yang signifikan seperti pada *sonic crystal* setengah pipa.

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran, pengamatan, dan analisa, didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Perubahan ukuran pipa berakibat pada bertambahnya jumlah titik yang beresonansi dan bandgap utama terjadi pada frekuensi 500 Hz – 800 Hz.
2. Frekuensi resonansi untuk pipa 1,5” adalah 24 titik frekuensi dan bandgap utama 817,5 Hz – 819,5 Hz dengan atenuasi maksimum -11,70 dB. Ukuran 2” adalah 27 titik frekuensi dan bandgap utama antara 800 Hz – 841,5 Hz dengan atenuasi maksimum -8,25 dB. Ukuran pipa 2,5” adalah 41 titik frekuensi dan bandgap utama antara 546,5 Hz – 630 Hz dengan atenuasi maksimum -14,41 dB.

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Doelle, Leslie L. 1972. "*Environmental Acoustic*". McGraw-Hill: USA.
- Irawan,Rifky dkk. 2011. "Analisis ParameterAkustik pada panel berbahan baku kertas duplex sebagai alternatif pelapis dinding.Universitas Telkom.Bandung
- K. B. Ginn. 1978. "Architectural Acoustics". Bruel & Kjaer : Denmark
- Kessissoglou, Nicole and M.B.Fard,Samaneh. 2016." Sonic crystal noise barrier using locally resonant scatterers"UNWS Sydney. Australia.
- Lagarigge,C dkk.2013." Sustainable Sonic crystal made of resonating bamboo rods" LUNAM Universite.France.
- Morandi, Federica dkk.2015." Acoustic measurements on a Sonic crystals barrier" University of Bologna.Italy.
- Ries,Tiara. 2011. Skripsi "Studi awal pengukuran koefisien hamburan pada diffuser maximum length sequences 1100101110".ITS.Surabaya
- Satyajeet.P. 2014. "Development of low cost Impedance tube to measure acoustic absorption and transmisson loss of materials". Indianpolis. USA.
- <http://pipaku.com/tag/pipa-pvc/> diakses pada tanggal 22 Februari 2018

LAMPIRAN

Tabel 1. Frekuensi resonansi *Sonic Crystal* setengah pipa 2''

No	Frekuensi	Ada Bahan	Kosong	Delta SPL
1	63 Hz	44.40	47.87	-3.47
2	65 Hz	44.36	48.65	-4.29
3	67 Hz	47.72	51.41	-3.69
4	69 Hz	51.08	54.17	-3.08
5	562.5 Hz	58.67	64.31	-5.52
6	579 Hz	59.03	68.23	-8.93
7	595.5 Hz	60.40	68.82	-8.10
8	613 Hz	62.48	68.49	-5.90
9	800 Hz	57.30	65.23	-8.25
10	817.5 Hz	57.60	64.84	-7.15
11	841.5 Hz	62.09	67.37	-5.50
12	163 Hz	55.48	58.94	-3.44
13	258.5 Hz	64.22	68.33	-4.07
14	630 Hz	67.78	71.06	-3.12
15	688 Hz	60.38	67.08	-6.71
16	866 Hz	63.97	68.46	-4.36
17	1.50k Hz	70.10	75.32	-4.57
18	1.63k Hz	67.96	72.33	-4.88
19	298.5 Hz	65.30	62.18	3.31
20	307.5 Hz	66.86	61.71	5.34
21	315 Hz	68.42	61.24	7.37
22	387 Hz	69.39	66.36	3.10
23	400 Hz	63.02	59.99	3.10
24	459.5 Hz	65.83	61.90	4.06
25	516 Hz	63.91	57.18	6.60
26	531 Hz	63.46	59.70	3.72
27	1.83k Hz	70.09	66.80	3.01

Tabel 2. Frekuensi resonansi *Sonic Crystal* setengah pipa 2,5''

No	Frekuensi	Ada Bahan	Kosong	Delta SPL
1	65 Hz	45.69	48.65	-2.96
2	67 Hz	48.35	51.41	-3.06
3	69 Hz	51.01	54.17	-3.16
4	71 Hz	53.67	56.92	-3.26
5	73 Hz	56.32	59.68	-3.36
6	75 Hz	58.98	62.44	-3.46
7	546.5 Hz	53.91	62.21	-8.56
8	562.5 Hz	55.60	64.31	-8.93
9	579 Hz	53.84	68.23	-14.41
10	595.5 Hz	62.08	68.82	-6.71
11	630 Hz	67.78	71.06	-3.21
12	1.37k Hz	69.28	74.23	-5.44
13	1.45k Hz	67.75	73.11	-6.03
14	1.50k Hz	65.40	75.32	-8.43
15	421.5 Hz	56.80	61.00	-4.12
16	487 Hz	58.04	63.22	-5.18
17	668.5 Hz	59.04	64.67	-5.53
18	688 Hz	62.27	67.08	-5.03
19	708 Hz	67.11	70.55	-3.55
20	772 Hz	65.07	68.69	-3.95
21	800 Hz	58.63	65.23	-7.39
22	817.5 Hz	60.86	64.84	-3.77
23	944 Hz	68.94	72.14	-3.37
24	1.25k Hz	68.93	71.80	-3.09
25	1.88k Hz	61.55	68.00	-5.56
26	2k Hz	66.93	73.42	-5.27
27	183 Hz	67.21	63.90	3.31
28	230.5 Hz	70.40	67.32	3.15
29	237 Hz	71.35	67.12	4.28
30	244 Hz	70.89	67.64	3.29
31	298.5 Hz	66.63	62.18	4.63
32	307.5 Hz	68.57	61.71	7.03
33	315 Hz	70.51	61.24	9.44
34	325.5 Hz	71.28	67.02	4.40
35	355 Hz	74.34	71.07	3.40
36	365 Hz	72.85	68.78	4.16
37	376 Hz	73.52	69.99	3.58
38	387 Hz	70.39	66.36	4.06
39	400 Hz	66.43	59.99	6.46
40	516 Hz	61.25	57.18	4.10
41	1.83k Hz	70.81	66.80	4.37

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Bangkalan, pada 16 Januari tahun 1996. Dilahirkan dengan nama lengkap Andi Wardana, biasa dipanggil Andi. Penulis merupakan anak Kedua dari 2 bersaudara yang lahir dari pasangan Bapak Machfud dan Ibu Sri Haryani. Penulis menempuh Pendidikan formal antara lain di TK Kartika, SDN Demangan 1 Bangkalan, SMPN 2 Bangkalan, dan SMAN 1 Bangkalan. Pada tahun 2014 penulisan menjadi mahasiswa Fisika di ITS melalui jalur SNMPTN. Penulis mengambil bidang Akustik dan Fisika Bangunan. Selama menjalani masa belajar di Fisika ITS, penulis aktif sebagai Asisten Laboratorium Akustik tahun 2017, penulis juga aktif dalam beberapa organisasi, diantaranya Staf Medfo HIMASIKA ITS 2015/2016, Kadep Luar Negeri HIMASIKA ITS 2016/2017, Staff Ukhwah Usaha Forum Studi Islam Fisika (FOSIF) pada periode 1436 H-1438 H, aktif sebagai Pemandu Hijau LKMM FMIPA, Serta aktif pada Forum Mahasiswa Fisika Jawa Timur. Penulis mengikuti berbagai kepanitian salah satunya sebagai Koordinator sie Dokumentasi 5th Physics Summit dan Ketua Pelaksana AKSI FORMASI XIX tahun 2017. Selain bidang formal penulis juga aktif menekuni bidang fotografi dan telah menjuarai 3 lomba berskala Nasional. Selain itu penulis juga menyukai bidang bisnis dan membuka usaha kuliner D.Cakes Dorayaki. Penulis juga telah melakukan publikasi paper international yang diadakan di Hokkaido Japan. Motto Hidup Penulis yaitu “ Keep Calm Because Allah is Always with Us”. Harapan penulis adalah agar karya ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca dan menjadi kontribusi penulis dalam kebermanfaat pada bidang yang penulis dalami. (andiwardana12@gmail.com)